Über die optische Orientirung der Plagioklase.

Von **Max Schuster.**

(Mit 2 Holzschnitten.)

Vor ungefähr 15 Jahren hat Tschermak an dieser Stelle [1] in seinen Studien „über die Feldspathgruppe" die jetzt allgemein verbreitete und fast allenthalben anerkannte Theorie aufgestellt, dass es eigentlich nur drei verschiedene Feldspathsubstanzen (Orthoklas-, Albit- und Anorthitsubstanz) gebe und dass sämmtliche Minerale dieser Gruppe, wie sie in der Natur vorkommen, einerseits als zum Theile sichtbares Gemenge des monoklinen Kalifeldspathes mit dem triklinen Natronfeldspathe, anderseits als isomorphe Mischungen des triklinen Natronfeldspathes mit dem triklinen Kalkfeldspathe aufzufassen seien, und dass endlich eine dritte Reihe von Feldspathen aus einem mechanischen Gemenge dieser Kalknatronfeldspathe mit Adularsubstanz bestehe.

Mit dieser Annahme stimmen in der That nicht nur alle vertrauenswürdigen Analysen, sondern auch die damit verglichenen Eigengewichte vollkommen überein. Dagegen glaubte Des Cloizeaux [2] aus dem Verhalten der Plagioklase im polarisirten Lichte den Schluss ziehen zu müssen, dass die Kalknatronfeldspathe unmöglich aus einer Mischung von Albit- und Anorthitsubstanz im Sinne der Tschermak'schen Theorie entstanden sein könnten, dass vielmehr der Labradorit sowohl als auch der Oligoklas als selbstständige Species anzuerkennen seien.

---

[1] Diese Sitzungsberichte L. Band, December 1864.

[2] Mémoire sur les propriétés optiques biréfringentes caractéristiques des quatre principaux feldspaths tricliniques, etc. (Annales de Chimie et de Physique, 5e série, t. IV, 1875.)

Gegen die Berechtigung dieser Schlussfolgerung hat schon M. Bauer[1] seinerzeit gewichtige theoretische Gründe vorgebracht, ohne jedoch das Befremdliche, welches in den von Des Cloizeaux beobachteten Thatsachen immerhin liegt, aus eigener Anschauung widerlegen zu können.

Dieser scheinbare Widerspruch zwischen den chemisch-krystallographischen und den optischen Eigenschaften der Plagioklase war die Veranlassung, die Erklärung desselben das angestrebte Ziel meiner im hiesigen mineralogisch-petrographischen Universitätsinstitute ausgeführten Arbeit, zu welcher ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Hofrath Prof. Tschermak nicht allein die nächste Anregung, sondern auch das nöthige Material sowie Rath und Unterstützung in reichem Masse verdanke, und deren Ergebnisse hier kurz zusammengefasst werden sollen.

Es lag dabei das Hauptgewicht nicht in der Bestimmung der optischen Constanten der triklinen Feldspathe überhaupt, ein Problem, dessen vollständige Lösung namentlich in Folge der complicirten Zwillingsbildung die Forscher wohl noch lange beschäftigen wird, sondern es handelte sich vielmehr darum, sämmtliche Plagioklase unter möglichst gleichen Umständen einer einheitlichen Prüfung auf ihre optischen Eigenschaften zu unterziehen und so mit einander zu vergleichen. Zu diesem Zwecke wurde auf Spaltblättchen nach der Endfläche und der Längsfläche die Lage der Hauptschwingungsrichtungen gegen die Kante P/M genau ermittelt. Desgleichen wurden die Präparate im convergent polarisirten Lichte betrachtet und verglichen.

Sämmtliche Beobachtungen führten zu folgendem allgemeinen Resultate:

Die Kalknatronfeldspathe bilden auch in optischer Beziehung eine analoge Reihe, wie nach allen ihren anderen Eigenschaften, und zwar scheint jedem bestimmten Mischungsverhältnisse der Grenzglieder auch ein bestimmtes optisches Verhalten zu entsprechen, welches demgemäss bald mehr an den Albit, bald mehr an den Anorthit erinnert.

---

[1] Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Bd. XXVII, 1875, S. 949 u. ff.

Wenn man sich die Plagioklaskrystalle so aufgestellt denkt, dass die stumpfe Kante *P M* zur Rechten des Beschauers liegt und zugleich die nach vorn abfallende Endfläche von links oben nach rechts unten neigt, wie diess ja nach dem Vorschlage von Des Cloizeaux und Tschermak jetzt allgemein üblich ist, und wenn man für die verschiedenen Feldspathe aus der Albit-Anorthitreihe die Hauptschwingungsrichtungen durch Linien auf der Endfläche dieses Krystalles verzeichnet, dann sieht man — wie durch beistehende Figur *(A)* hinlänglich veranschaulicht wird — dass der nach vorn sich öffnende Winkel der Auslöschungsschiefe mit der Kante *P M*, vom Albit angefangen, allmälig kleiner wird und der Null sich nähert, hierauf jenseits derselben einen entgegengesetzten Werth annimmt, welcher im Anorthit, dem anderen Endgliede, sein Maximum erreicht. Bezeichnet man den Winkel als positiv, wenn die Auslöschungsrichtung im Sinne der Kante des rechten Prismas gegen die Kante *P M* geneigt ist, im entgegengesetzten Falle als negativ, so ergibt sich für die von mir untersuchten Feldspathe folgende Uebersicht:

Albit (Fusch, Schmirn)	+ 4 bis	+ 3°
Zwischenglieder zw. Albit und Oligoklas (Sobboth, Wilmington)	+ 2 „	+ 1°
Oligoklas (Tvedestrand)	+ 2 „	+ 1°
Andesin (St. Raphael, Nagy Sebes, Pereu Vitzeluluj)	— 1 „	— 2°
Labradorit (Labrador, Kamenoi brod, Ojamo)	— 4 „	— 5°
Bytownit (Näroëdal, Volpersdorf)	—16 „	—18°
Anorthit (Vesuv)	—38°	

Noch auffallender wird der allmähliche Übergang der optischen Orientirung, welcher beim Weiterschreiten in der isomorphen Reihe sich geltend macht, sobald man die Lage der Hauptschwingungsrichtungen auf der Längsfläche in gleicher Weise ins Auge fasst.

Die nachstehende Tabelle wird dies zur Genüge beweisen.

Darin hat das positive Zeichen des Winkels die Bedeutung, dass die Auslöschungsschiefe in gleichem Sinne gegen die Kante *P M* hin gerichtet ist, wie der Schnitt der Fläche *x* mit der

Längsfläche, während das negative Zeichen einen entgegengesetzten Verlauf andeuten soll. Ein Blick auf die beigegebene Zeichnung *(A)* wird darüber keinen Zweifel lassen.

Dies vorausgesetzt, sind die an den zuvor bezeichneten Feldspathen erhaltenen Werthe für:

Albit	+18°	
Mittelglieder zw. Albit und Oligoklas	+12°	
Oligoklas	+ 3	bis +2°
Andesin	— 4	„ —6°
Labradorit	—17°	
Bytownit	—29°	
Anorthit	—40°	

Man bemerkt sogleich, dass die Auslöschungsrichtung auf *M* in ähnlicher Weise um die stumpfe Kante *P M* sich herum bewegt, wie die Linie des sogenannten rhombischen Schnittes, welche nach G. v. Rath[1] beim Albit + 22 bis + 13° beträgt, für den Oligoklas + 4° bis Null wird, im Andesin der genannten Kante parallel geht und dann beim Labradorit nach der anderen Seite hin sich erhebt, bis sie endlich im Anorthit — 16° erreicht.

Da nun in unserem Falle die Auslöschungsrichtung wenigstens beiläufig zugleich die Linie angibt, nach welcher die optische Axenebene die Längsfläche schneidet, so macht es dieser Umstand im hohen Grade wahrscheinlich, dass die Lage derselben in ähnlicher Weise eine Function der Krystallform sein mag, wie die Lage des rhombischen Schnittes.

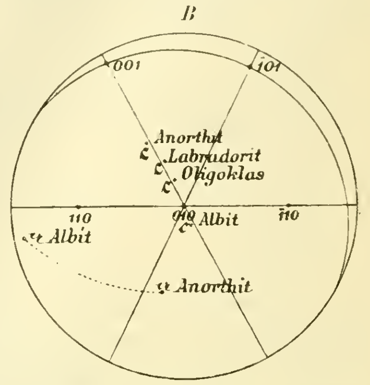
Dem Vorigen entsprechend sind auch die Erscheinungen im convergent polarisirten Lichte, sobald Spaltblättchen nach der Längsfläche, welche indessen aus einem einzigen Individuum bestehen müssen, in das Nörrembergsche Polarisationsinstrument gebracht werden.

Zum schnelleren und leichteren Verständnisse der hier auftretenden Verhältnisse wurde der bereits erwähnte Albitkrystall *(A)* auf seine Längsfläche projicirt und dem so erhaltenen Bilde

---

[1] Die Zwillingsverwachsung der triklinen Feldspathe nach dem sogenannten Periklingesetze und über eine darauf gegründete Unterscheidung derselben. (Monatsberichte der königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Februar 1876.)

für die hauptsächlichsten Glieder aus der isomorphen Reihe der Kalknatronfeldspathe die Durchschnittspunkte der positiven Mittellinie (c), für den Albit und Anorthit zugleich auch diejenige der negativen Mittellinie (a) beigefügt. Aus der Figur *(B)* lässt sich zunächst mit leichter Mühe herauslesen, dass die optische Axenebene im Albit eine zur Axenebene des Anorthits beinahe senkrechte Lage hat. Man sieht ferner sehr deutlich, dass die im Albit nahezu in der Zonenebene *PM* gelegene positive Mittellinie um einen kleinen Winkel nach abwärts geneigt ist, während sie in den folgenden Plagioklasen über die Normale zu *M* hinaus mehr und mehr gegen die obere Endfläche hin wandert, ohne jedoch aus der Zone *PM* jemals stark herauszutreten, bis sie im Anorthit ungefähr 45° von jener Normalen zu *M* entfernt ist.



Demnach zeigen die Blättchen des Albites zwei Axen, dazwischen positive Doppelbrechung, die Axenebene etwas gegen die Normale des Blättchens geneigt. Das Gleiche gilt auch vom Oligoklas und Andesin, nur dass hier die optische Axenebene nach der anderen Seite hin geneigt erscheint; in beiden Fällen die Doppelbrechung positiv. In Blättchen des Labradorit erscheint die eine Axe mehr gegen den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes gerückt, die zweite ist nur noch andeutungsweise sichtbar, der Verlauf der Axenebene übrigens erkennbar, Doppelbrechung ebenfalls positiv. Blättchen des Anorthits zeigen blos eine einzige Axe ohne eine Spur von Lemniskaten. Wofern man Präparate bekommen will, welche zur c-Axe senkrecht stehen, respective im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes die positive Mittellinie zeigen, wird man daher im Albit die scharfe Kante zwischen *P* und *M* durch eine nahezu in der Zone *PM* gelegene Fläche abschleifen, beim Oligoklas hingegen die stumpfe Kante durch einen Schliff abstumpfen müssen.

Das Gleiche gilt vom Labradorit, nur dass hier der Schliff welcher die stumpfe Kante zwischen *P* und *M* abstumpft, sich der Endfläche etwas mehr nähert als im vorhergehenden Falle, ebenso

vom Anorthit, wo derselbe bereits einen Winkel von circa 45° mit der Längsfläche einschliesst und daher gegen diese fast ebenso geneigt ist, wie gegen die Endfläche. Nur ist zu bemerken, dass man auf diese Weise vom Albit bis zum Labradorit meistens den spitzen Axenwinkel zu sehen bekommt, beim Anorthit dagegen den stumpfen.

Schliffe senkrecht zur a Axe werden beim Albit mit einer gedachten Querfläche (100) fast zusammenfallen und zugleich etwas nach rechts hinneigen müssen. In den folgenden Plagioklasen werden sie noch weiter nach rechts liegen und immer mehr nach abwärts gekehrt sein. In dem Anorthit wird man so zu sagen die untere Ecke (rechts vorn) abstumpfen müssen, um auf die negative Mittellinie zu kommen.

Selbstverständlich wird hier im Allgemeinen den Plagioklasen vom Albit bis zum Labradorit ein stumpfer, dem Anorthit selbst ein spitzer Axenwinkel entsprechen.

Um zu begreifen, wie Des Cloizeaux angesichts der erörterten Thatsachen dennoch zu dem irrigen Urtheile gelangen konnte, dass die Kalknatronfeldspathe in ihrem optischen Verhalten keineswegs jenen allmäligen Übergang erkennen lassen, wie in allen ihren übrigen Eigenschaften, genügt abermals ein Blick auf das bereits betrachtete Projectionsbild *(B)*. Die Lage der positiven Mittellinie (c) für Albit, Oligoklas, Labradorit, sowie diejenige der negativen Mittellinie (a) für den Anorthit ist hier sogar mit Benützung der eigenen Angaben von Des Cloizeaux eingetragen worden. Es geht daraus hervor, dass Des Cloizeaux beim Albit und Oligoklas und Labradorit Schliffe hergestellt hat, welche zur positiven Mittellinie senkrecht stehen. Statt aber beim Anorthit in gleicher Weise zu verfahren, wobei er, gleich mir, an einer ähnlichen Stelle wie im Labradorit ebenfalls die positive Mittellinie angetroffen hätte, hat Des Cloizeaux den Anorthit auf einer ganz anderen Seite angeschliffen. Die dort austretende 1. Mittellinie musste natürlich ein entgegengesetztes Verhalten zeigen.

Ohne Zweifel wurde der genannte Forscher durch das unter den jetzigen Mineralogen allgemein übliche Herkommen, einem zweiaxigen Minerale den Charakter der positiven oder negativen Doppelbrechung zuzuschreiben, je nach dem die erste Mittellinie

mit der Axe der kleinsten oder grössten Elasticität zusammenfällt, dazu veranlasst, auch im Anorthit den spitzen Axenwinkel aufzusuchen.

Da jedoch der Axenwinkel keine constante Grösse ist, sondern sogar an demselben Minerale bisweilen variirt, — (es sei hier gestattet, um an bereits Bekanntes anzuknüpfen, auf die diessbezüglichen Bemerkungen zu verweisen, welche Tschermak seinerzeit[1] gelegentlich des Studiums der Bronzitreihe veröffentlicht hat) — so ist es klar, dass bei der Frage, ob 2 krystallisirte Substanzen ein analoges optisches Verhalten zeigen oder nicht, wohl der Umstand entscheidend sei, ob die Axen der kleinsten und grössten Elasticität in beiden Krystallen eine ähnliche Lage haben, während es für diese Betrachtung gleichgiltig ist, ob hier der Axenwinkel ein spitzer oder stumpfer, d. h. ob die spitze oder stumpfe Bissectrix die positive sei, wie Des Cloizeaux sich ausdrückt.

Hatte er doch selbst schon beim Oligoklas seinerzeit hervorgehoben, dass hier die positive Mittellinie ihre Lage im Krystalle stets beibehält, dass jedoch der ihr anliegende Axenwinkel bald spitz bald stumpf gefunden werde, je nach dem man die Platten wählt.

Unter dem eben entwickelten Gesichtspunkte betrachtet, lösen sich somit alle die scheinbaren Widersprüche und Schwierigkeiten, welche Des Cloizeaux aus den Resultaten seiner Forschungen gegen die Tschermak'sche Theorie herleiten zu können glauben; es zeigt sich vielmehr, dass auch die von demselben Forscher mitgetheilten Beobachtungen über die verschiedenen Arten von Axendispersion bei den einzelnen Plagioklasen dieser Theorie durchaus nicht widersprechen.

Der Albit zeigt nämlich in Bezug auf die c Dispersion $\rho < \upsilon$, der Anorthit hingegen in Bezug auf dieselbe Mittellinie $\rho > \upsilon$. Vom Albit zum Anorthit fortschreitend muss man demnach ein Zwischenglied antreffen, in welchem die Dispersion des Albits in das Gegentheil umschlägt, worauf sie dann den Anorthitcharakter beibehält. In der That findet sich dieser Umschlag in der Labradoritreihe und die folgenden Glieder zeigen wie der Anorthit $\rho > \upsilon$.

---

[2] Tschermak, Mineralogische Mittheilungen. Bd. I. 1871. S. 18 u. 19.

Auch die zahlreichen, zum Theile an sehr mannigfaltigem Materiale verschiedener Plagioklase ausgeführten und seiner grossen Arbeit über den Mikroklin[1] beigegebenen Untersuchungen über die Orientirung der Hauptschwingungsrichtungen auf *P* und *M* sind vollkommen geeignet, die oben zusammengestellten Tabellen noch zu vervollständigen und zu ergänzen.

Im Anschlusse an die genannten Beobachtungen wurde von mir auch der Mikroklin sowie der merkwürdige Feldspath vom Mte Gibele auf der Insel Pantellaria, von welchem Fundorte Herr Hofrath Tschermak durch die Freundlichkeit des Herrn Professors Groth einen Krystall erhalten hatte, der Untersuchung unterzogen.

An dem schönen Amazonit von Pikes Peaks, welcher, stellenweise ganz frei von Zwillingslamellen und fremden Einschlüssen, für das optische Studium ziemlich günstiges Material lieferte, war es mir möglich, zunächst die von Des Cloizeaux l. c. über vorliegenden Gegenstand gemachten ausführlichen Angaben vollinhaltlich zu bestätigen. Daselbst findet sich der Spaltwinkel zwischen *P* und *M* zu 90° 16′ angegeben, als Mittel zahlreicher Messungen, welche zwischen 90° 10′ und 90° 40′ schwanken; auf Grund eigener Beobachtungen möchte ich eher einen zwischen 90° 25′ und 30′ gelegenen Winkel als den richtigeren bezeichnen.

Die Grösse der Auslöschungsschiefe auf der Endfläche beträgt hier +15....+16°, auf der Längsfläche nur +4....+5°, auf der letzteren ist in Luft nur die eine der optischen Axen deutlicher sichtbar, die Axenebene selbst steht etwas schief zur Fläche *M*; Doppelbrechung hier positiv.

Mit dem Mikroklin bekundet der gleich näher zu besprechende natronreiche Plagioklas von Pantellaria, der sogenannte Natronorthoklas Förstner's[2] in soferne eine auffallende Ähnlichkeit, als auch an ihm der Winkel zwischen *P* und *M* nur wenige Minuten über 90° hinausgehend bemessen wurde. In Blättchen nach

[1] Mémoire sur l'existence, les propriétés optiques et cristallographiques et la composition chimique du microcline, nouvelle espèce de feldspath triclinique a base de potasse, suivi de remarques sur l'examen microscopique de l'orthose et des divers feldspaths tricliniques (Annales de Chimie et de Physique, 5. sèrie, t. IX, 1876).

[2] Über Natronorthoklas von Pantellaria. Zeitschrift f. Krystallographie. 1877. Bd. I. 6, S. 547.

der Endfläche begegnet uns hier eine höchst gleichförmige Ausbildung beider Arten von Zwillingsindividuen nach dem Albitgesetz, welche zu beinahe submikroskopischer Feinheit herabgesunken erscheinen, so dass der Winkel ihrer beiden Auslöschungsrichtungen gegen einander unmöglich genau bestimmt werden kann. Jedenfalls weicht derselbe von dem für gewisse Oligoklase gefundenen Werthe wenig ab.

Das Letztere gilt auch für die Längsfläche, wo der Winkel der Hauptschwingungsrichtungen $+5 \ldots +6$ beträgt.

Seiner chemischen Constitution nach steht dieser Plagioklas einem Gemische von $Or_1Ab_5An_1$ ziemlich nahe und stimmt darin mit dem von C. Klein[1] vor nicht langer Zeit beschriebenen Feldspathe aus dem Basalte vom Hohen Hagen bei Göttingen ($Or_2Ab_5An_1$) überein, mit welchem er nach den l. c. mitgetheilten Thatsachen überhaupt grosse Ähnlichkeit hat.

Wenn man die beiden zuletzt besprochenen Feldspathe sowie den Mikroklin in ihrem optischen Verhalten auf der Längsfläche unter sich und mit dem Oligoklase vergleicht und zu diesem Vergleiche auch den Orthoklas heranzieht, dann zeigt sich die gewiss beachtenswerthe Thatsache, dass die genannten alle, den Orthoklas nicht ausgenommen, einen ähnlichen Verlauf der Axenebene besitzen, da der Winkel derselben mit der Kante *P M* im Orthoklase auch $+5 \ldots +6°$ ausmacht, und es zeigt sich ferner, dass die in der Nähe der Normalen zu *M* austretende Mittellinie sich überall positiv verhält.

Wien, Laboratorium des mineralogisch-petrographischen Universitätsinstitutes, Juli 1879.

[1] Über den Feldspath im Basalt vom Hohen Hagen bei Göttingen und seine Beziehungen zum Feldspathe vom Mte. Gibele auf der Insel Pantellaria (Nachrichten der kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, August 1878, S. 449 u. ff.).